

D/P 10-13 11

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift
①0 DE 39 39 917 A 1

⑤1 Int. Cl. 5:
G 01 N 19/02
G 01 M 17/02

②1 Aktenzeichen: P 39 39 917.6
②2 Anmeldetag: 2. 12. 89
④3 Offenlegungstag: 6. 6. 91

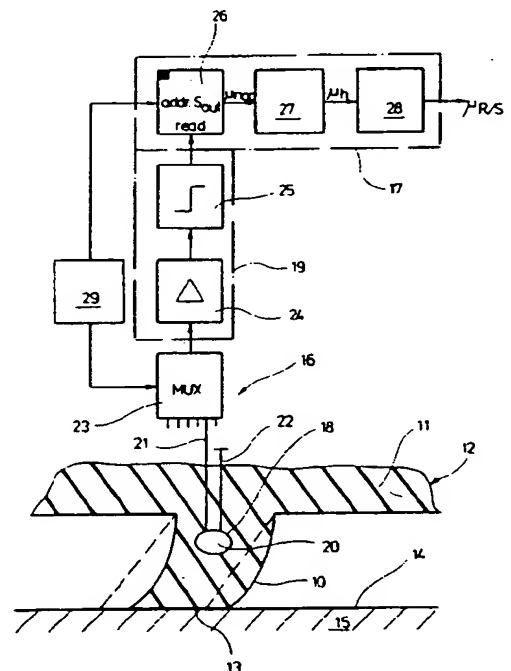
DE 39 39 917 A 1

⑦1 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Winner, Hermann, Dipl.-Phys. Dr.; Witte, Stefan,
Dipl.-Phys., 7500 Karlsruhe, DE

⑤4 Vorrichtung zum Bestimmen der Haftreibung zwischen Fahrzeugreifen und Fahrbahndecke

⑤7 Eine Vorrichtung zum Bestimmen der Haftreibung zwischen einem auf einer Fahrbahn (15) sich abrollenden Fahrzeugreifen (13) und der Fahrbahndecke (14) weist eine Vielzahl von im Reifenprofil (11) angeordneten Meßnoppen (10) auf, denen aufgrund ihrer geometrischen Gestaltung in Intervallen abgestufte Reibungskoeffizienten (μ_{nop}) zugeordnet sind. Eine Sensoreinheit (16) erfaßt diejenigen Meßnoppen (10), die während des Abrollens des Fahrzeugreifens (12) relativ zur Fahrbahndecke (14) gleiten. Eine Auswerteeinheit (17) bestimmt aus der Anzahl der gleitenden Meßnoppen (10) die Meßnoppen (10) mit dem zugeordneten größten Reibungskoeffizienten ($\mu_{nop,max}$) und berechnet mit diesem die momentane Haftreibung ($\mu_{R/S}$) zwischen Fahrzeugreifen (12) und Fahrbahndecke (14) (Fig. 2).



DE 39 39 917 A 1

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zum Bestimmen der Haftreibung zwischen einem auf einer Fahrbahn sich abrollenden Fahrzeugreifen und der Fahrbahndecke.

Zur Sicherstellung einer maximalen Kraftschlußbeanspruchung des Fahrzeugs bei Brems-, Beschleunigung- und Lenkmanövern ist die Kenntnis des momentanen Haftreibungskoeffizienten oder Haftreibungsbeiwerts zwischen den Reifen des Fahrzeugs und der Fahrbahn, der bedingt durch Witterung und Straßen- und Reifenbeschaffenheit ständig variiert, von wesentlicher Bedeutung. Je genauer dabei die gewonnene Aussage über die momentan herrschende Haftreibung ist, desto zuverlässiger können die entsprechenden Anlagen und Einrichtungen des Fahrzeugs auch im Grenzbereich arbeiten.

Bei Bremsanlagen mit Antiblockiersystem und ggf. Antriebsschlupfregelung wird die Haftreibung zwischen Reifen und Fahrbahndecke indirekt über eine Schlupfsensierung der Räder erfaßt. Sobald an einem Rad Schlupf sensiert wird, ist die Haftreibung überschritten. Allerdings erhält man dabei keine Aussage über die Größe des Haftreibungskoeffizienten.

Für zukunftsweisende Sicherheitsanforderungen im Straßenverkehr, z. B. Anzeige des zum vorausfahrenden Fahrzeug einzuhaltenen Mindestabstand, der von dem erforderlichen Bremsweg bestimmt wird und damit unmittelbar von der momentanen Haftreibung zwischen Fahrzeug und Fahrbahndecke abhängt, ist aber die genaue Kenntnis des momentanen Haftreibungskoeffizienten zwischen Reifen und Straße wesentlich. Bekannte Methoden schätzen hierzu die Haftreibungsbeiwert indirekt über die Beobachtung von Temperatur, Rauigkeit, Feuchtigkeit der Straße u. ä.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß der momentane Haftreibungskoeffizient zwischen Reifen und Fahrbahn direkt gemessen wird und zwar unmittelbar am Reifen-Straßen-Kontakt, so daß nicht auf abgeleitete Größen zurückgegriffen werden muß. Dies geschieht mittels spezieller Meßnoppen innerhalb des Reifenprofils, deren Geometrie so bestimmt ist, daß sie bei gleicher Auflagefläche die Auflagekraft des Fahrzeugs in einem ganz bestimmten Verhältnis in eine tangentiale und vertikale Kraftkomponente zerlegen. Ist der Haftreibungskoeffizient zwischen dem Meßnoppen und der Fahrbahn kleiner als das durch die Noppegeometrie bedingte Verhältnis der Kraftkomponenten, was nachfolgend als Reibungskoeffizient des Meßnoppens bezeichnet wird, so verschiebt sich die Auflagefläche des Meßnoppens und der Meßnoppen gleitet während der Abrollbewegung des Reifens.

Gemäß der Erfindung weisen die Meßnoppen unterschiedliche Reibungskoeffizienten auf und die Anzahl der im Reifenprofil vorhandenen Meßnoppen deckt einen weiten Skalenbereich von Reibungskoeffizienten ab. Werden erfindungsgemäß alle gleitenden Meßnoppen detektiert, so ist der momentane Haftreibungskoeffizient zwischen Meßnoppen und Straße durch den Wert des Reibungskoeffizienten desjenigen gleitenden Meßnoppens am stärksten angenähert, der aufgrund

seiner geometrischen Gestaltung den größten Reibungskoeffizienten aufweist. Mit diesem Maximalwert des Reibungskoeffizienten aller gleitenden Meßnoppen kann dann der Kraftschlußbeiwert zwischen dem gesamten Fahrzeugreifen und der Fahrbahndecke berechnet werden.

Mit einem einfachen theoretischen Modell läßt sich nachweisen, daß der Haftreibungskoeffizient zwischen Reifen und Straße hinreichend genau erfaßt wird, wenn er als die Hälfte des ermittelten Haftreibungskoeffizienten zwischen Meßnoppen und Fahrbahn angenommen wird. Eine höhere Genauigkeit erhält man dann, wenn der gemessene Haftreibungskoeffizient Meßnoppen/Straße mittels einer empirisch ermittelten Tabelle ggf. unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit umgerechnet wird. Die Tabelle kann z. B. durch Ausmessung von ABS-Bremsungen ermittelt werden.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Vorrichtung möglich.

Die Sensierung des Zustandes der Meßnoppen hinsichtlich Gleiten/Nichtgleiten erfolgt gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung durch Sensierung einer Verschiebung der Auflageflächen der Meßnoppen während des Abrollens des Fahrzeugreifens. Diese Verschiebung wird z. B. durch Messung der elastischen Verformung der Meßnoppen oder durch Messung der Widerstandsänderung in einem im Meßnoppen eingelagerten Material mit druckabhängigem Widerstand. Es ist auch möglich, in Reifenabrollrichtung zwei Meßnoppen mit gleicher geometrischer Gestaltung anzuordnen, deren Neigungsrichtungen jedoch zueinander gegenläufig sind. Beim Gleiten der Meßnoppen bewegen sich die Gleitflächen aufeinander zu. Dies kann durch Schließen eines elektrischen Schaltkontaktes erkannt werden, dessen beide Kontaktelemente jeweils auf einem der beiden Meßnoppen auf einander zugekehrten Seiten angeordnet sind.

Um verfälschende Einflüsse äußerer Krafteinwirkung auf die Reifen (Seitenbeanspruchung, Brems- oder Antriebsbeanspruchung) zu kompensieren, ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung für jeden Reibungskoeffizientenwert mindestens ein Paar Meßnoppen vorhanden, deren Neigungsrichtung in Reifenabrollrichtung und/oder quer dazu zueinander gegenläufig ist. In jedem Meßnoppens eines Paares addiert sich dann eine Radkraft einmal positiv und einmal negativ zu der von dem Fahrzeuggewicht hervorgerufenen tangentialen Kraftkomponente, so daß der eine Meßnoppens einen zu niedrigen und der andere Meßnoppens einen zu hohen Reibungskoeffizienten liefern würde. Über die erfindungsgemäße Auswertung aller gleitenden Meßnoppen getrennt nach gleicher Neigungsrichtung erhält man zwei getrennte maximale Reibungskoeffizienten. Bei der Mittelwertbildung aus diesen maximalen Reibungskoeffizienten wird die Radkraft eliminiert. Der Mittelwert wird dann zur korrekten Berechnung der Haftreibung zwischen Fahrzeugreifen und Straße benutzt.

Dieses sog. Differentialprinzip läßt sich zur Kompensation sowohl von Reifenlängskräften als auch zur Kompensation von Seitenkräften sowie zur Kombination beider anwenden. Im Grenzfall können die Meßnoppen hohlkegelstumpfförmig ausgebildet werden, was zu einer vereinfachten Fertigung — gegenüber von vier getrennten, in vier verschiedenen Richtungen geneigten Meßnoppen — führt.

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ausschnittsweise einen Längsschnitt eines Reifenprofils eines auf einer Fahrbahndecke sich abrollenden Fahrzeugreifens mit im Reifenprofil integrierten Meßnoppen, vergrößert dargestellt,

Fig. 2 und 3 jeweils ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Bestimmen der Haftreibung zwischen Fahrzeugreifen und Fahrbahndecke gemäß zweier Ausführungsbeispiele,

Fig. 4 ausschnittsweise einen Längsschnitt eines Reifenprofils mit Meßnoppenanordnung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

Fig. 5 eine Unteransicht des Reifenprofilausschnitts mit Meßnoppenanordnung in Fig. 4,

Fig. 6 und 7 jeweils eine gleiche Darstellung wie Fig. 5 für eine Meßnoppenanordnung gemäß weiterer Ausführungsbeispiele.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die in Fig. 2 im Blockschaltbild dargestellte Vorrichtung zum Bestimmen der Haftreibung bzw. des Haftreibungskoeffizienten oder Haftreibungsbeiwertes $\mu_{R/S}$ zwischen einem auf einer Fahrbahn 15 (Straße S) sich abrollenden Fahrzeugreifen 12 (Reifen R) und der Fahrbahndecke 14 weist eine Vielzahl von Meßnoppen 10 auf, die im Reifenprofil 11 eines Fahrzeugreifens 12 enthalten sind. In Fig. 1 sind in einem Ausschnitt eines Reifenprofils 11 eines Fahrzeugreifens 12 insgesamt fünf Meßnoppen 101 – 105 aus einer Vielzahl von Meßnoppen 10 dargestellt. Alle Meßnoppen 10 besitzen eine gleich große Auflagefläche 13, mit welcher sie auf der Fahrbahndecke 14 der Fahrbahn oder Straße 15 abrollen. Wie in Fig. 1 am Noppen 101 dargestellt ist, tritt aufgrund der Auflagekraft F_{ges} an der Auflagefläche 13 eine tangentielle Kraftkomponente F_x und eine vertikale Kraftkomponente F_z auf. Das Verhältnis der Kraftkomponenten $F_z/F_x = \mu_{nop}$ hängt von der Geometrie der Meßnoppen 10 ab, genauer gesagt bei gleicher Ausbildung von der unterschiedlichen Neigung ihrer Längsachsen zur Auflagefläche 13. In Fig. 1 weist jeder Meßnopp 101 – 105 einen unterschiedlichen Neigungswinkel zur Fahrbahndecke 14 auf, so daß jedem Meßnopp 101 – 105 ein definierter Reibungskoeffizient μ_{nop} zugeordnet ist. Die Werte der Reibungskoeffizienten μ_{nop} nehmen dabei vom Meßnopp 101 bis zum Meßnopp 105 in festen Intervallen zu. Ist nun der Haftreibungskoeffizient μ_h zwischen dem individuellen Meßnopp 10 und der Fahrbahndecke 14 kleiner als der durch die Noppengeometrie bedingte Reibungskoeffizient μ_{nop} , so verschiebt sich die Auflagefläche 13 dieses Meßnoppens 10 beim Abrollen des Fahrzeugreifens 12 relativ zur Fahrbahndecke 14. Der Meßnopp 10 gleitet. Ist hingegen der Haftreibungskoeffizient μ_h zwischen dem Meßnopp 10 und der Fahrbahndecke 14 größer als der Reibungskoeffizient μ_{nop} , so verschiebt sich beim Abrollen des Fahrzeugreifens 12 auf der Straße 15 die Auflagefläche 13 des Meßnoppens 10 nicht. Bei der festgelegten Geometrie der Meßnoppen 10 hängt somit das Gleiten oder Nichtgleiten der Meßnoppen 10 von dem momentanen Haftreibungskoeffizienten μ_h ab.

Die Vorrichtung weist deshalb eine Sensoreinheit 16 auf, die den Gleitzustand der Meßnoppen 10 zu erfassen

vermag und somit die gleitenden Meßnoppen 10 innerhalb der Vielzahl von Meßnoppen 10 detektiert. Diejenigen Meßnoppen 10, bei welcher ein Gleitzustand vorliegt, werden einer Auswerteeinheit 17 mitgeteilt. Die Auswerteeinheit 17 bestimmt aus der Anzahl der gleitenden Meßnoppen 10 denjenigen Meßnopp mit dem zugeordneten größten Reibungskoeffizienten μ_{nop} . Dieser Wert des maximalen Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ ist dem tatsächlichen Haftreibungskoeffizienten μ_h zwischen Meßnopp 10 und Fahrbahndecke 14 am stärksten angenähert. Mit diesem maximalen Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ berechnet die Auswerteeinheit 17 den momentanen Haftreibungskoeffizienten $\mu_{R/S}$ zwischen Fahrzeugreifen 12 und Fahrbahndecke 14. Ausreichend genau wird dieser Haftreibungskoeffizient $\mu_{R/S}$ als halber Wert des maximalen Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ bestimmt. Sind genauere Werte erforderlich, so werden in der Auswerteeinheit 17 Tabellen abgelegt, die den Zusammenhang zwischen dem Haftreibungskoeffizienten μ_h zwischen Meßnopp 10 und Fahrbahndecke 14 und dem Haftreibungskoeffizienten $\mu_{R/S}$ zwischen Fahrzeugreifen 12 und Fahrbahndecke 14, ggf. unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit, angeben. Diese Tabellen sind empirisch ermittelt, z. B. über die Ausmessung von ABS-Bremsungen. Mit dem von der Auswerteeinheit 17 ermittelten Haftreibungskoeffizienten μ_h wird dann mittels der Tabellen der Haftreibungskoeffizienten $\mu_{R/S}$ berechnet.

In dem Ausführungsbeispiel der Vorrichtung gemäß Fig. 2 weist die Sensoreinheit 16 eine Vielzahl von jeweils einem Meßnopp 10 zugeordneten elektrischen Gleitfühlern 18 und eine mit den Gleitfühlern 18 verbundene Meßvorrichtung 19 auf. Jeder Gleitfühler 18 besteht aus einer in den Meßnopp 10 eingeschlossenen Einlagerung 20 aus einem Konglomerat elektrisch leitfähigen Materials, dessen elektrischer Widerstand druckabhängig ist. Jede Einlagerung 20 ist über zwei Elektroden 21, 22 mit der Meßvorrichtung 19 verbunden. Der größte Druck auf die Einlagerung 20 entsteht im Falle des nichtgleitenden, unter Auflagedruck stehenden Meßnoppens 10, wie er in Fig. 2 ausgezogen dargestellt ist. Im Gleitzustand, in Fig. 2 strichliert dargestellt, wird ein geringerer Druck auf die Einlagerung 20 ausgeübt. Beim Übergang des Meßnoppens 10 von dem nichtgleitenden in den gleitenden Zustand tritt somit eine Widerstandsänderung, genauer gesagt eine Widerstandsreduzierung, auf, die von der Meßvorrichtung 19 ausgewertet wird.

Im einzelnen sind alle Gleitfühler 18 in den Meßnopp 10 an einem Multiplexer 23 angeschlossen, der sukzessive in einer vorgegebenen Reihenfolge alle Gleitfühler 18 an den Eingang der Meßvorrichtung 19 legt. Die Meßvorrichtung 19 weist einen Differenzverstärker 24 und einen Schwellwertkomparator 25 auf. Der Ausgang des Schwellwertkomparators 25 ist mit der Auswerteeinheit 17 verbunden, die einen Speicher 26, einen Maximumdetektor 27 und ein Rechenwerk 28 umfaßt. In dem Speicher 26 sind alle Reibungskoeffizienten μ_{nop} , die der Vielzahl der im Reifenprofil 11 vorhandenen Meßnoppen 10 zugeordnet sind, unter Adressen abgelegt. Ein Adreßgenerator 29 legt eine Ausleseadresse an den Speicher 26, während ein Ausgangssignal des Schwellwertkomparators 25 als Auslesebefehl an den Speicher 26 gelangt. Der Adreßgenerator 29 steuert den Multiplexer 23 so, daß immer derjenige Gleitfühler 18 an die Meßvorrichtung 19 angeschlossen ist, der in dem im Speicher 26 jeweils adressierten Meßnopp 10 angeordnet ist.

Die Meßvorrichtung gemäß Fig. 2 arbeitet wie folgt: Die Gleitfühler 18 werden sukzessive durch den Multiplexer 23 mit der Meßvorrichtung 19 verbunden. Die Steuerung des Multiplexers 23 erfolgt durch den Adreßgenerator 29 der adreßsynchron den Speicher 26 steuert. Solange alle Meßnoppen 10 nicht gleiten, besitzen die Einlagerungen 20 etwa in den gleichen Widerstand, und alle Gleitfühler 18 liefern annähernd ein gleiches Meßsignal, so daß die Differenz am Eingang des Differenzverstärkers 24 annähernd Null ist. Ist ein Meßnopp 10 in den Gleitzustand übergegangen und nimmt die in Fig. 2 strichlinierte Stellung ein, so sinkt der Widerstand der Einlagerung 20 und am Eingang des Differenzverstärkers 20 liegt ein Differenzsignal, das verstärkt dem Schwellkomparator 25 zugeführt wird. Der Schwellwertkomparator 25 vergleicht das Differenzsignal mit einem vorgegebenen Schwellwert. Wird dieser überschritten, so wird ein Auslesebefehl an den read-Eingang des Speichers 26 gelegt. Aus dem Speicher 26 wird der Wert des Reibungskoeffizienten μ_{nop} ausgelesen, der dem Meßnopp 10 zugehörig ist, dessen Gleitfühler 18 momentan von dem Multiplexer 23 an der Meßvorrichtung 19 angeschlossen ist. Der ausgelesene Wert des Reibungskoeffizienten μ_{nop} wird im Maximumdetektor 27 mit dem zuvor von dem Speicher 26 ausgegebenen Wert des Reibungskoeffizienten μ_{nop} eines ebenfalls gleitenden Meßnoppens 10 verglichen. Der jeweils größere Wert wird im Maximumdetektor 27 abgespeichert und wiederum mit dem vom Speicher 26 nachfolgend ausgegebenen Reibungskoeffizienten μ_{nop} verglichen. Nach einem Meßdurchlauf, in dem alle Gleitfühler 18 einmal durch den Multiplexer 23 mit der Meßvorrichtung 19 verbunden worden sind, wird der im Maximumdetektor 27 abgespeicherte maximale Wert des Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ an das Rechenwerk 28 gegeben, das — wie vorstehend bereits kurz beschrieben — aus diesen, für den momentanen Haftreibungskoeffizienten μ_h zwischen Meßnopp 10 und Fahrbahndecke 14 charakteristischen Wert des Reibungskoeffizientens $\mu_{nop, max}$ die momentane Haftreibung $\mu_{R/S}$ zwischen Fahrzeugreifen 12 und Fahrbahndecke 14 berechnet.

In Fig. 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Bestimmung der Haftreibung skizziert. Die Sensoreinheit 16 sensiert hier die Verschiebung der Auflageflächen 14 der Meßnopp 10 innerhalb des Reifenprofils 11 als charakteristische Kenngröße für den Gleitzustand der Meßnopp 10 in einer anderen Weise als bei der Vorrichtung in Fig. 2. Zwei Meßnopp 106, 107 sind jeweils einander räumlich zugeordnet. Die beiden Meßnopp 106, 107 weisen eine gleiche Noppengestaltung auf, so daß ihnen der gleiche Reibungskoeffizient zugehörig ist, sind aber mit in Reifenabrollrichtung gegenläufiger Neigungsrichtung angeordnet. Auf einander zugekehrten Flächen tragen die Meßnopp 106, 107 jeweils ein Kontaktelement 31, 32 eines Schaltkontakts 30. Der Schaltkontakt 30 ist jeweils in einer Verbindungsleitung zwischen einem Signalgenerator 33 und den Eingängen des Multiplexers 23 angeordnet. Der Ausgang des Multiplexers 23 ist unmittelbar mit der Auswertevorrichtung 17 verbunden, die identisch ausgebildet ist wie in Fig. 2. Die Adressierung des Multiplexers 23 und des Speichers der Auswerteeinheit 17 erfolgt wiederum durch den Adreßgenerator 29 in synchroner Weise, so daß im Speicher der Auswerteeinheit 17 immer derjenige Wert des Reibungskoeffizienten μ_{nop} des Meßnoppenspaars 106, 107 adressiert ist, dessen Schaltkontakt 30 momentan in der Verbindung

zwischen Signalgenerator 33 und Auswerteeinheit 17 liegt.

Im nichtgleitenden Zustand des Meßnoppenspaars 106, 107 weisen die Kontaktelemente 31, 32 einen vorbestimmten Abstand voneinander auf, der Schaltkontakt 30 ist geöffnet. Gleiten die beiden Meßnopp 106, 107, so bewegen sich ihre Auflageflächen 14 aufeinander zu und der Schaltkontakt 30 wird geschlossen. Damit legt der Signalgenerator 33 über den Multiplexer 23 einen Auslesebefehl an den Speicher der Auswerteeinheit 17. Der dem Meßnoppenspaar 106, 107 zugeordnete Reibungskoeffizient μ_{nop} wird aus dem Speicher ausgelesen und dem Maximumdetektor der Auswerteeinheit 17 zugeführt. Die Auswerteeinheit 17 arbeitet in gleicher Weise wie zu Fig. 2 beschrieben.

Um bei der Bestimmung des Haftreibungskoeffizienten $\mu_{R/S}$ zwischen Fahrzeugreifen 12 und Fahrbahndecke 14 den verfälschenden Einfluß äußerer Krafteinwirkung auf den Fahrzeugreifen 12, z. B. Seitenbeanspruchung, Brems- und/oder Antriebsbeanspruchung, zu kompensieren, wird eine in Fig. 4 ausschnittsweise schematisch dargestellte sog. Differentialanordnung verwendet. Für jeden Reibungskoeffizienten μ_{nop} , der im Speicher 26 der Auswerteeinheit 17 abgespeichert ist, ist mindestens ein Paar Meßnopp 10', 10'' im Reifenprofil 11 vorhanden, deren Neigungsrichtung in Reifenabrollrichtung zueinander gegenläufig ist. In dem Meßnopp 10' addiert sich zur Tangentialkraft F_x eine durch Brems- oder Antriebsbeanspruchung erzeugte Radkraft F_R , während bei dem Meßnopp 10'' diese Radkraft F_R von der tangentialen Kraft F_x subtrahiert wird. In der Auswerteeinheit 17 erfolgt die Bestimmung desjenigen Meßnoppens 10', 10'' mit dem größten Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ aus der Anzahl der gleitenden Meßnopp 10', 10'' jeweils getrennt nach Meßnopp 10' bzw. 10'' mit gleicher Neigungsrichtung. Der Reibungskoeffizient μ_h zwischen den Meßnopp 10 und der Fahrbahndecke 14 wird nicht mehr durch den maximalen Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ aller Meßnopp 10 angenähert, sondern durch den Mittelwert des maximalen Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ aller Meßnopp 10' und des maximalen Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ aller Meßnopp 10''. Mit diesem Mittelwert wird dann der Haftreibungskoeffizient $\mu_{R/S}$ zwischen Fahrzeugreifen 12 und Fahrbahndecke 14 in der beschriebenen Weise berechnet.

Fig. 5 zeigt eine Unteransicht des in Fig. 4 dargestellten Meßnoppenspaars 10', 10'', das in das Reifenprofil 11 des Fahrzeugreifens 12 integriert ist. Mit 13 sind wiederum die Auflageflächen der Meßnopp 10', 10'' auf der Fahrbahndecke 14 bezeichnet.

Zur Eliminierung des verfälschenden Einflusses einer Seitenbeanspruchung des Fahrzeugreifens 12 auf die Bestimmung der Haftreibung zwischen dem Fahrzeugreifen 12 und der Fahrbahndecke 14 wird, wie in Fig. 6 schematisch dargestellt ist, für jeden Reibungskoeffizienten μ_{nop} , der für die Vielzahl der Meßnoppenspaare 10', 10'' im Speicher 26 der Auswerteeinheit 17 abgespeichert ist, ein weiteres Paar Meßnopp 10* und 10** vorgesehen, deren Neigungsrichtung quer zur Reifenabrollrichtung zueinander gegenläufig ist. Die Reifenabrollrichtung ist in Fig. 4–7 durch einen Pfeil 34 gekennzeichnet. Auch in diesem Fall werden von der Auswerteeinheit die gleitenden Meßnopp 10*, 10** mit dem größten Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ für beide Arten von Meßnopp 10* und 10** getrennt bestimmt und aus den beiden ermittelten maximalen Reibungskoeffizienten der Mittelwert gebildet.

Anstelle der in Fig. 6 vorzusehenden vier Meßnoppen 10', 10'', 10* und 10** für jeden abgespeicherten Reibungskoeffizienten μ_{nop} kann — wie in Fig. 7 in Unteransicht dargestellt ist — ein einziger Meßnopp 35 verwendet werden, der hohlkegelstumpfförmig ausgebildet ist.

Die Auflagefläche 13 dieses Meßnoppens 35 ist ringförmig und stellt sozusagen den Grenzfall der paarigen Anordnung aus vier getrennten Meßnoppen gemäß Fig. 6 dar. Die Verhaltensweise des Meßnoppens 35 im Gleit- bzw. Nichtgleitzustand entspricht identisch derjenigen der in Fig. 6 beschriebenen Meßnoppenanordnung aus jeweils vier zueinander rechtwinklig ausgerichteten Meßnoppen 10', 10'', 10*, 10**. Die Auswertung in der Auswerteeinheit erfolgt ebenfalls in identischer Weise.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. So kann die Sensoreinheit 16 das Verschieben der Auflageflächen 13 der Meßnoppen 10 innerhalb des Reifenprofils 11 als Charakteristikum ihres Gleitzustands auch durch Messen der elastischen Verformung der Meßnoppen 10, z. B. mittels Dehnungsmeßstreifen, sensieren. Zweckmäßigerweise bilden wiederum zwei Meßnoppen 10 gleicher Noppengestaltung aber in Reifenabrollrichtung gegenläufiger Neigungsrichtung ein Noppenpaar. Jeder Meßnopp 10 trägt einen Dehnungsmeßstreifen. Der Unterschied der elastischen Verformung in den beiden Meßnoppen 10 des Noppenpaares wird zur Erkennung des Gleitzustandes des Noppenpaares ausgewertet.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bestimmen der Haftreibung zwischen einem auf einer Fahrbahn sich abrollenden Fahrzeugreifen und der Fahrbahndecke, dadurch gekennzeichnet, daß im Reifenprofil (11) eine Vielzahl von Meßnoppen (10) angeordnet ist, denen aufgrund ihrer geometrischen Gestaltung jeweils ein definierter Reibungskoeffizient (μ_{nop}) zugeordnet ist, der durch das Verhältnis der Normalkomponente (F_z) zur Tangentialkomponente (F_x) des vom Meßnopp (10) in die Fahrbahn (15) eingeleiteten Auflagedrucks festgelegt ist, wobei die Reibungskoeffizienten (μ_{nop}) der Meßnoppen (10) gegeneinander, vorzugsweise um gleiche Intervalle, abgestuft sind, daß eine Sensoreinheit (16) vorgesehen ist, die diejenigen Meßnoppen (10) erfaßt, die während des Abrollens des Fahrzeugreifens (12) relativ zur Fahrbahndecke (14) gleiten, und daß eine Auswerteeinheit (17) vorgesehen ist, die aus der Anzahl der gleitenden Meßnoppen (10) den Meßnopp (10) mit dem zugeordneten größten Reibungskoeffizienten ($\mu_{nop, max}$) bestimmt und mit diesem, für den momentanen Haftreibungskoeffizienten (μ_H) zwischen Meßnopp (10) und Fahrbahndecke (14) charakteristischen Reibungskoeffizienten ($\mu_{nop, max}$) die momentane Haftreibung ($\mu_{H/S}$) zwischen Fahrzeugreifen (12) und Fahrbahndecke (14) berechnet.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß alle Meßnoppen (10) die gleiche Auflageflächen (13) aufweisen und daß ihre unterschiedlichen Reibungskoeffizienten (μ_{nop}) durch unterschiedliche Neigung ihrer Längsachsen zur Auflagefläche (13) eingestellt sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (16) ein Gleiten der Meßnoppen (10) durch mittel- oder un-

mittelbare Sensierung einer Verschiebung der Auflageflächen (13) der Meßnoppen (10) innerhalb des Reifenprofils (11) erfaßt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei Meßnoppen (106, 107) mit in Reifenabrollrichtung gegenläufigem Neigungsrichtung aber sonst gleicher Noppengestaltung einander räumlich unmittelbar zugeordnet sind und daß die Sensoreinheit (16) eine Abstandsänderung zwischen den Auflageflächen (13) des Noppenpaares (106, 107) als Kriterium für den Gleitzustand der Meßnoppen (106, 107) detektiert.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (16) eine Vielzahl von jeweils einem Noppenpaar zugeordneten, in einem elektrischen Schaltkreis angeordneten Schaltkontakten (30) aus jeweils zwei Kontaktelementen (31, 32) aufweist, von denen jeweils eines an einem Meßnopp (106, 107) eines Noppenpaares auf einander zugekehrten Seiten angeordnet ist, und daß die Anordnung der Meßnoppen (106, 107) des Noppenpaares so getroffen ist, daß bei einer Abstandsänderung der Auflageflächen (13) des Noppenpaares der Schaltkontakt (30) schließt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (16) Mittel zur Messung der elastischen Verformung der Meßnoppen, z. B. Dehnungsmeßstreifen, aufweist und den Unterschied der elastischen Verformung in den beiden Meßnopp () des Noppenpaares als Kriterium für den Gleitzustand der Meßnoppen auswertet.

7. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß für jeden Wert des Reibungskoeffizienten (μ_{nop}) mindestens ein Paar Meßnopp (10', 10''); 10*, 10**) vorhanden ist, deren Neigungsrichtung in Reifenabrollrichtung (34) und/oder quer dazu zueinander gegenläufig ist, und daß die Auswerteeinheit (17) die Bestimmung des Meßnopp (10', 10'') mit dem größten Reibungskoeffizienten ($\mu_{nop, max}$) aus der Anzahl der gleitenden Meßnopp (10', 10''); 10*, 10**) jeweils getrennt nach Meßnopp (10' bzw. 10''); 10* bzw. 10**) mit der gleichen Neigungsrichtung vornimmt und zur Berechnung der momentanen Haftreibung ($\mu_{H/S}$) zwischen Fahrzeugreifen (12) und Fahrbahndecke (14) den Mittelwert der bestimmten maximalen Reibungskoeffizienten ($\mu_{nop, max}$) der Meßnopp (10', 10''); 10*, 10**) heranzieht.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßnoppnopaare durch eine hohlkegelstumpfförmige Noppenausbildung (35) realisiert ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (16) eine Vielzahl von jeweils einem Meßnopp (10) zugeordnete elektrische Gleitfühler (18) und eine mit diesen verbundene Meßvorrichtung (19) aufweist, daß jeder Gleitfühler (18) aus einer in dem Meßnopp (10) eingeschlossenen Einlagerung (20) eines elektrisch leitfähigen Materials besteht, dessen elektrischer Widerstand druckabhängig ist, und daß die Meßvorrichtung (19) die Widerstandsänderung aller Gleitfühler (18) mißt, mit einem Schwellwert vergleicht und die Schwellwertüberschreitung als Gleitzustand des Meßnopp (10) interpretiert.

— Leerseite —

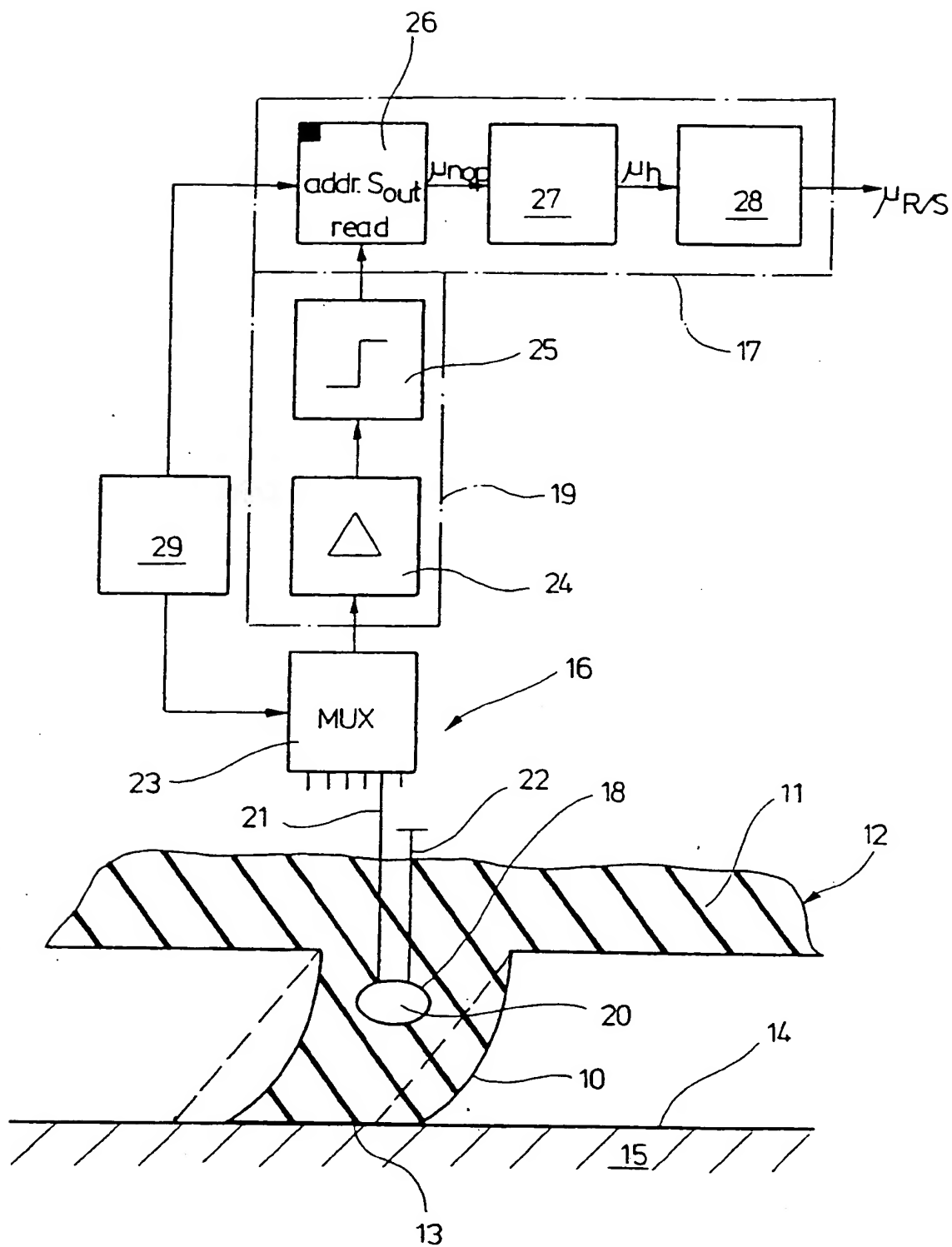


Fig. 2

